

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-128424

(43)公開日 平成10年(1998)5月19日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
B 21 B 45/00  
1/26  
C 21 D 1/42

識別記号

F I  
B 21 B 45/00  
1/26  
C 21 D 1/42

N  
D  
J  
P  
T

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-290010

(22)出願日 平成8年(1996)10月31日

(71)出願人 000004123

日本钢管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者 日野 善道

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

(72)発明者 篠手 徹

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

(72)発明者 升田 貞和

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

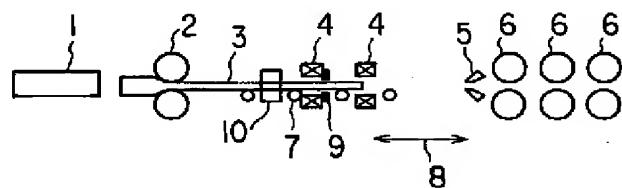
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鋼板の熱間圧延方法及びその設備

(57)【要約】

【課題】圧延前の初期温度を低く設定し、圧延の中途中に再加熱装置を設け、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネルギーを低減することが可能な鋼板の熱間圧延方法及びその設備を提供する。

【解決手段】本発明の圧延方法は、加熱した被圧延材を粗圧延機で粗圧延する工程と、粗圧延した被圧延材を仕上げ圧延機で仕上げ圧延する工程とを備え、少なくとも仕上げ圧延工程の前に被圧延材をソレノイド式の誘導加熱装置で再加熱する工程を備えたことを特徴とする鋼板の熱間圧延方法である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 加熱した被圧延材を粗圧延機で粗圧延する工程と、粗圧延した被圧延材を仕上げ圧延機で仕上げ圧延する工程とを備え、少なくとも仕上げ圧延工程の前に被圧延材をソレノイド式の誘導加熱装置で再加熱する工程を備えたことを特徴とする鋼板の熱間圧延方法。

【請求項2】 ソレノイド式の誘導加熱装置は、仕上げ圧延工程前の被圧延材の表面温度が板厚中央の温度より低くなるように設置されることを特徴とする請求項1に記載の鋼板の熱間圧延方法。

【請求項3】 ソレノイド式の誘導加熱装置を移動して、その加熱位置を調節することを特徴とする請求項2に記載の鋼板の熱間圧延方法。

【請求項4】 ソレノイド式の誘導加熱装置を複数台設置し、使用する加熱装置を選択することにより加熱位置を調節することを特徴とする請求項2に記載の鋼板の熱間圧延方法。

【請求項5】 板厚方向の熱拡散時間を、下記(1)式に従って設定することを特徴とする請求項2乃至4のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法。

T : 热拡散時間、 $\alpha$  : 設備列に固有の係数、 $\rho$  : 板の密度、 $C_p$  : 板の比熱、 $\lambda$  : 板の熱伝導率、H : 板の厚さとするとき、

$$T = \alpha \times (\rho C_p / \lambda) \times H^2 \quad \dots (1)$$

【請求項6】 被圧延材の再加熱工程は、粗圧延工程と仕上げ圧延工程との間にさらにエッジヒータを配置し、被圧延材の板幅方向端部を加熱することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法。

【請求項7】 被圧延材の再加熱工程は、被圧延材を矯正した後に、再加熱することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法。

【請求項8】 ソレノイド式の誘導加熱装置を、仕上げ圧延機の入側に設置し、その励起周波数を1000～3000Hzに設定することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法。

【請求項9】 加熱した被圧延材を粗圧延する粗圧延機と、粗圧延した被圧延材を仕上げ圧延する仕上げ圧延機とを備えた鋼板の熱間圧延設備において、少なくとも仕上げ圧延機の前に被圧延材を再加熱するソレノイド式の誘導加熱装置を備えてなることを特徴とする鋼板の熱間圧延設備。

【請求項10】 ソレノイド式の誘導加熱装置は、仕上げ圧延機に至る前の被圧延材の表面温度が板厚中央の温度より低くなるように設置されていることを特徴とする請求項9に記載の鋼板の熱間圧延設備。

【請求項11】 ソレノイド式の誘導加熱装置は、移動されて、その加熱位置を調節されることを特徴とする請求項10に記載の鋼板の熱間圧延設備。

【請求項12】 ソレノイド式の誘導加熱装置は、複数台設置され、使用する加熱装置を選択することにより加

熱位置を調節されることを特徴とする請求項10に記載の鋼板の熱間圧延設備。

【請求項13】 板厚方向の熱拡散時間は、下記(1)式に従って設定されることを特徴とする請求項10乃至12のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備。

T : 热拡散時間、 $\alpha$  : 設備列に固有の係数、 $\rho$  : 板の密度、 $C_p$  : 板の比熱、 $\lambda$  : 板の熱伝導率、H : 板の厚さとするとき、

$$T = \alpha \times (\rho C_p / \lambda) \times H^2 \quad \dots (1)$$

10 【請求項14】 粗圧延機と仕上げ圧延機の間に被圧延材の板幅方向端部を加熱するエッジヒータが、さらに設置されていることを特徴とする請求項9乃至13のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備。

【請求項15】 ソレノイド式の誘導加熱装置の入側に被圧延材を矯正する形状矯正装置が、設置されていることを特徴とする請求項9乃至14のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備。

【請求項16】 ソレノイド式の誘導加熱装置は、仕上げ圧延機の入側に設置され、その励起周波数を1000～3000Hzに設定されていることを特徴とする請求項9乃至15のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広くは金属板の熱間圧延方法及びその設備に関し、特に鉄鋼の熱延における熱間圧延方法及びその設備に関する。

## 【0002】

【従来の技術】鉄鋼の熱延に代表されるような板の熱間圧延においては、被圧延材は必要最小限の加熱温度で圧延することが望まれている。即ち、一般的に、高温であるほど単位時間に失われるエネルギーが大きく、急速に温度が低下する。従って、熱エネルギーの有効利用の観点から、熱間の圧延は品質が確保できる限り温度を低くして圧延を施すことが望ましい。

【0003】従って、圧延工程の中途での被圧延材の温度低下は問題であり、従来は、粗圧延と仕上げの圧延に大別される圧延の工程において、仕上げ圧延後の板の温度を一定値以上にする必要があること、あるいは変形抵抗が増加し仕上げ圧延機の能力的な制約を逸脱することがないようにする必要がある、そのため仕上げ圧延機の前で一定の温度を下回ることがないようにすることなどの理由により、粗圧延での温度降下を見込んで初期温度を設定していた。

【0004】特開昭59-92114号公報及び特開昭62-21804号公報では、特に冷えやすい板端部をトランスバース式誘導加熱により再加熱する方法が採用されている。この技術は特開昭63-126608号公報のように厚板製造においても利用されている。

【0005】また、特開平6-15306号公報では、上記の従来技術のようにある程度圧延した後で加熱するのでは

なく、軽い整形圧延の後、スラブの段階で端部を再加熱する技術も開示されている。

【0006】一方、板の先端と後端も温度低下しやすい部位であり、上記特開昭59-92114号公報、特開昭62-21804号公報及び特開昭63-126608号公報で使われているエッジヒータ設備を、先端と後端が通過する際に、幅方向に移動させ先後端を幅方向全域に渡って加熱する特開平1-321009号公報、特開平4-33715号公報に記載の方法もある。

【0007】また、長手方向の一時的な温度低下に対しては、特開昭56-71501号公報に開示されているように、仕上げ圧延機の前に誘導加熱装置を設け、スキッドマークのように長手方向に温度が低下している部分を幅方向全体にわたって再加熱する方法もとられていた。

【0008】あるいは、特開昭61-245911号公報のように通電加熱による方法もあり、このように幅方向全体に対する加熱の方法としては、特開昭51-122649号公報に示されているように鋼板に対しトランスバース式誘導加熱装置を次処理の予熱のため、その処理装置に可能な限り接近して設置する方法があった。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、圧延前の初期温度を低く設定するために、温度降下が大きい板端部または板の先後端の温度を補償するような上記の特開昭59-92114号公報、特開昭62-21804号公報、特開昭63-126608号公報、特開平1-321009号公報及び特開平4-33715号公報の方法は、初期温度をある程度下げることはできるものの、根本的な解決になっていない。

【0010】そこで、中間に加熱装置を設置し、初期温度を積極的に下げ、圧延初期で失われる熱エネルギーの量を少なくし、適当な場所で再加熱して圧延する方法が考えられる。これを実現する方法として、従来例の特開昭56-71501号公報のように通電加熱装置があるが、装置や、電極などに多大なコストがかかり、問題である。

【0011】実現が容易な中間加熱の方法としては、誘導加熱があるが、従来例の特開昭51-122649号公報のように、トランスバース式の誘導加熱では、コイルのギャップ調整機構が必要であり設備が複雑になること、また板の端部が過加熱になるなどの問題がある。

【0012】また、特開昭51-122649号公報の例のように再加熱装置の位置は可能な限り次工程に接近して設置するのが通例であったが、このような設備配置では、次工程がデスケーリングや圧延など板表面からの冷却が発生する場合は、板の表面温度が高い状態にあるため、誘導加熱で与えた熱エネルギーが奪われやすいという問題がある。

【0013】本発明の目的は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、圧延前の初期温度を低く設定し、圧延の途中に再加熱装置を設け、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネル

ギーを低減することが可能な鋼板の熱間圧延方法及びその設備を提供することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決し目的を達成するために、本発明は以下に示す手段を用いている。

(1) 本発明の圧延方法は、加熱した被圧延材を粗圧延機で粗圧延する工程と、粗圧延した被圧延材を仕上げ圧延機で仕上げ圧延する工程とを備え、少なくとも仕上げ

10 圧延工程の前に被圧延材をソレノイド式の誘導加熱装置で再加熱する工程を備えたことを特徴とする鋼板の熱間圧延方法である。

(2) 本発明の圧延方法は、ソレノイド式の誘導加熱装置が、仕上げ圧延工程前の被圧延材の表面温度が板厚中央の温度より低くなるように設置されることを特徴とする上記(1)に記載の鋼板の熱間圧延方法である。

(3) 本発明の圧延方法は、ソレノイド式の誘導加熱装置を移動して、その加熱位置を調節することを特徴とする上記(2)に記載の鋼板の熱間圧延方法である。

20 (4) 本発明の圧延方法は、ソレノイド式の誘導加熱装置を複数台設置し、使用する加熱装置を選択することにより加熱位置を調節することを特徴とする上記(2)に記載の鋼板の熱間圧延方法である。

(5) 本発明の圧延方法は、板厚方向の熱拡散時間を、下記(1)式に従って設定することを特徴とする上記(2)乃至(4)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法である。

【0015】T : 熱拡散時間、 $\alpha$  : 設備列に固有の係数、 $\rho$  : 板の密度、 $C_p$  : 板の比熱、 $\lambda$  : 板の熱伝導率、H : 板の厚さとするとき、

$$T = \alpha \times (\rho C_p / \lambda) \times H^2 \quad \dots (1)$$

(6) 本発明の圧延方法は、被圧延材の再加熱工程が、粗圧延工程と仕上げ圧延工程との間にさらにエッジヒータを配置し、被圧延材の板幅方向端部を加熱することを特徴とする上記(1)乃至(5)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法である。

(7) 本発明の圧延方法は、被圧延材の再加熱工程が、被圧延材を矯正した後に、再加熱することを特徴とする上記(1)乃至(6)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法である。

40 (8) 本発明の圧延方法は、ソレノイド式の誘導加熱装置を、仕上げ圧延機の入側に設置し、その励起周波数を1000～3000Hzに設定することを特徴とする上記(1)乃至(7)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延方法である。

(9) 本発明の圧延設備は、加熱した被圧延材を粗圧延する粗圧延機と、粗圧延した被圧延材を仕上げ圧延する仕上げ圧延機とを備えた鋼板の熱間圧延設備において、少なくとも仕上げ圧延機の前に被圧延材を再加熱するソレノイド式の誘導加熱装置を備えてなることを特徴とす

る鋼板の熱間圧延設備である。

(10) 本発明の圧延設備は、ソレノイド式の誘導加熱装置が、仕上げ圧延機に至る前の被圧延材の表面温度が板厚中央の温度より低くなるように設置されていることを特徴とする上記(9)に記載の鋼板の熱間圧延設備である。

(11) 本発明の圧延設備は、ソレノイド式の誘導加熱装置が、移動されて、その加熱位置を調節されることを特徴とする上記(10)に記載の鋼板の熱間圧延設備である。

(12) 本発明の圧延設備は、ソレノイド式の誘導加熱装置が、複数台設置され、使用する加熱装置を選択することにより加熱位置を調節されることを特徴とする上記(10)に記載の鋼板の熱間圧延設備である。

(13) 本発明の圧延設備は、板厚方向の熱拡散時間が、下記(1)式に従って設定されることを特徴とする上記(10)乃至(12)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備である。

【0016】 $T = \alpha \times (\rho C_p / \lambda) \times H^2$  … (1)

(14) 本発明の圧延設備は、粗圧延機と仕上げ圧延機の間に被圧延材の板幅方向端部を加熱するエッジヒータが、さらに設置されていることを特徴とする上記(9)乃至(13)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備である。

(15) 本発明の圧延設備は、ソレノイド式の誘導加熱装置の入側に被圧延材の形状矯正装置が、設置されていることを特徴とする上記(9)乃至(14)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備である。

(16) 本発明の圧延設備は、ソレノイド式の誘導加熱装置が、仕上げ圧延機の入側に設置され、その励起周波数を1000～3000Hzに設定されていることを特徴とする上記(9)乃至(15)のいずれかに記載の鋼板の熱間圧延設備である。

### 【0017】

【発明の実施の形態】本発明者は、圧延前の初期温度を低く設定し、圧延の中途に再加熱装置を設け、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネルギーを低減することが可能な鋼板の熱間圧延方法及びその設備について、銳意研究を重ねた。その結果、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネルギーを低減するためには、圧延の中途に設ける再加熱装置としてソレノイド式の誘導加熱装置を採用し、被圧延材に投入した熱が次工程で表面から失われにくく、板厚方向に十分に拡散し、被圧延材の表面温度が板厚中央の温度より低くなるような板厚方向の熱拡散時間を設定、管理できるように加熱装置を配置、運用することが有効であるという知見を得た。

【0018】また、上記の熱拡散時間は、被圧延材の材質や板厚に応じた関係式に従って設定できることや、圧延機列中にエッジヒータを設け板幅方向端部を加熱することで端部の温度低下を補償して、より均一な材質が得られること、さらに、ソレノイド式の誘導加熱装置の前に形状矯正装置を設けることで、加熱に伴う表面温度の過度の上昇による欠陥を防止できることや、加熱装置を熱延の仕上げ圧延機の前に設置することに限定すれば、特定の板厚に対して加熱装置の励起周波数を一定範囲に設定することで、高い加熱効率が得られるという知見を得た。

【0019】以上の知見に基づき、本発明者は、圧延の中途に設ける再加熱装置としてソレノイド式の誘導加熱装置を採用し、被圧延材に投入した熱が次工程で表面から失われにくく、板厚方向に十分に拡散し、被圧延材の表面温度が板厚中央の温度より低くなるような板厚方向の熱拡散時間を被圧延材の材質や板厚に応じて設定し、その時間に基づいて加熱装置を配置、運用するようにした。また、上記の圧延機列中にエッジヒータを設け板幅方向端部を加熱し、さらに、ソレノイド式の誘導加熱装置の前に形状矯正装置を設け、加熱装置を熱延の仕上げ圧延機の前に設置する場合は、特定の板厚に対して加熱装置の励起周波数を一定範囲に設定するようにして、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネルギーを低減することが可能な鋼板の熱間圧延方法及びその設備を見出だし、本発明を完成した。すなわち、本発明は、製造設備及び製造条件を下記範囲に限定することにより、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネルギーを低減することが可能な鋼板の熱間圧延方法及びその設備を得ることができる。

【0020】以下に本発明の製造設備の限定理由、及び製造条件の限定理由について説明する。

#### (1) 鋼板の熱間圧延方法及びその設備

本発明の熱間圧延方法を図1に従って説明する。一般的の鋼板の熱間圧延においては、スラブや鋼塊1は凝固後そのまま、あるいは再加熱することによって、高温の状態に保たれ粗圧延機2により粗圧延され、鋼板3のように中間の厚さまで圧延される。

【0021】その後、鋼板3は搬送ローラ7を介して搬送され、デスケーリング装置5などにより表面のスケール除去などを行った後、仕上げ圧延機6により最終的な板厚まで仕上げ圧延する。この後、図示しない冷却設備などにより、適正な冷却等や、コイルへの巻き取りなどが行われる。

【0022】本発明は、このような設備列において、粗圧延機と仕上げ圧延機の間に再加熱装置として、ソレノイド式の誘導加熱装置4を設け、その設置位置を加熱が終了した時点から、デスケーリングあるいは、次の圧延50に至るまでに要する時間的距離8(熱拡散時間)を一定

時間以上とし、表皮効果によって表層のみが高温になっている板内部に熱エネルギーが十分に拡散し、表面の温度が板厚中央の温度より低くなるようになると。

【0023】これは、一定の熱エネルギーを与えることで、物質をある温度以下にならないようにする場合、最初に一括して熱エネルギーを与えた場合に較べ、エネルギーを二分して時間をわざと与える方が、最高温度が低いために熱の放散が少なく、より長時間にわたり高温の状態を維持できることを利用したものである。この原理を鋼板の熱延に適用するために、再加熱方法を機構の簡便性、設置の容易性及び加熱効率の優位性などが必要であることから、ソレノイド式の誘導加熱装置とする。

【0024】すなわち、熱延の設備列では、加熱できる時間（位置）の制約からパワー（電力）の大きな電気的な加熱方法が好ましく、スパークによる鋼板表面への影響の面で通電式は使えないため、誘導加熱に限定される。誘導加熱にはソレノイド式とトランスバース式があるが、トランスバース式は加熱領域に能力的な分布があり一様性に欠け、コイルとバー（鋼板）との位置関係を最良な関係に維持する必要がある。従って、本発明の誘導加熱装置をソレノイド式にした理由は、板厚数十mm程度の粗バー加熱では、トランスバース式に比べ投入されるパワー（電力）が板幅方向にほぼ一様であり偏熱の問題が少ないと、構造が簡単であり、加熱装置中をバーが通過すれば加熱ができるという単純さから採用した。

【0025】また、加熱後の熱拡散時間を一定時間以上とする理由は、ソレノイド式加熱の場合、表面が不可避的に高温になることから、投入した熱が次工程で表面から失われにくく、板厚方向に熱が十分に拡散し、板厚方向の温度分布が適切になるようにするためであり、本発明では、再加熱から次工程までの時間を設定、管理\*

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left( a_n \cos n \frac{2\pi}{H} x + b_n \sin n \frac{2\pi}{H} x \right) \exp \left[ - \frac{1}{\frac{1}{n^2} \frac{\rho C_p}{\lambda} \left( \frac{H}{2\pi} \right)^2 t} \right]$$

【0032】ここに、この式での時定数は一般的な値であり、個々の設備に応じた定数 $\alpha$ を決定することで、材質、板厚の変動に応じた最適な熱拡散時間を決定できる。具体的には最適な熱拡散時間を1点決めれば、 $\alpha$ が決定できる。

【0033】また、本発明の設備列中に、エッジヒータを設け板幅方向端部を加熱する。この理由は、端部の温度低下を補償して、より均一な材質が得られるようとするためである。その配置は自由に設定でき、誘導加熱装置の前でも良い。

【0034】さらに、ソレノイド式誘導加熱装置に板を安定して通すための形状矯正装置10を加熱装置の入側に設け、これを望ましくは上記熱拡散時間内にソレノイド式誘導加熱が始まるように配置する。この理由は、形状矯正装置の工具等により低下した板の表面が復熱する※50

\*できるように加熱装置を配置、運用する。

【0026】この熱拡散時間の設定基準は、ソレノイド式誘導加熱装置で投入した熱エネルギーを一定にしたときに、その熱エネルギーが仕上げ圧延後に十分に残存しているようになると。

【0027】これは、鋼板の表面と鋼板中心の温度差が少なくとも負の値、望ましくは、-10°C以下になるような値にすれば良い。また、仕上げ圧延の速度が変化する場合は、再加熱装置の位置を可変にする方法や、複数の再加熱装置を配置して、使用する加熱装置を切り替えて加熱位置を変更し、熱の拡散する時間を変える方法をとっても良い。

【0028】ここで、再加熱装置の設置位置は粗圧延機と仕上げ圧延機の間に限定されず、粗圧延機の中間にあっても良い。また、この熱拡散時間は鋼板の材質や誘導加熱時の板厚によっても変化するが、材質と板厚に応じた時間の値を下記（1）式に従って求めれば良い。

【0029】T：熱拡散時間、 $\alpha$ ：設備列に固有の係数、 $\rho$ ：板の密度、 $C_p$ ：板の比熱、 $\lambda$ ：板の熱伝導率、H：板の厚さとするとき、

$$T = \alpha \times (\rho C_p / \lambda) \times H^2 \quad \dots (1)$$

即ち、材質、板厚などの条件変動により変化する熱の拡散時間を、上記（1）式なる関係により、誘導加熱装置の位置により設定することで、高い加熱効率を維持できる。

【0030】これは、加熱終了後に放射冷却しながら板内部へ熱が拡散する状況を、断熱条件の伝熱方程式と近似して、以下のフーリエ級数解のなかで、減衰の時定数が最も大きい減衰の時定数 $(\rho C_p / \lambda) (H / 2\pi)^2$ を利用したものである。

【0031】

【数1】

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left( a_n \cos n \frac{2\pi}{H} x + b_n \sin n \frac{2\pi}{H} x \right) \exp \left[ - \frac{1}{\frac{1}{n^2} \frac{\rho C_p}{\lambda} \left( \frac{H}{2\pi} \right)^2 t} \right]$$

※前に再加熱を開始することで、再加熱時の表面温度が必要以上に上昇することを防ぐためである。

【0035】即ち、ソレノイド式誘導加熱装置においては、開口部のギャップ調整が不可能であるため、板の形

40 状が不良である場合、ソレノイド式誘導加熱装置の中を通過させることができず加熱ができない。このため、ソレノイド式誘導加熱装置に先立って形状を矯正する必要があるが、形状矯正を行うと不可避的に表面の温度が低下する。ところが、ソレノイド式誘導加熱装置は表面の温度上昇量が大きいため、形状矯正装置を誘導加熱が開始される前、望ましくは前記熱拡散時間以内に設置することで加熱に伴う表面温度の上昇量を低く抑えることができ、加熱中に放射で失われる熱エネルギーを極小にするとともに、表面温度が過度に上昇することによる欠陥を防止することができる。

【0036】本発明によれば、板端部も加熱されるものの、その温度上昇量は中央部と同程度のため、エッジヒータも併設することで端部の温度を完全に補償することができる。

【0037】さらに、ソレノイド式の誘導加熱装置を熱延の仕上げ圧延機の前に設置する場合は、加熱装置の励起周波数を1000～3000Hzに設定して加熱する。即ち、本発明での設備列において、誘導加熱装置を鉄鋼用の熱延仕上げ圧延機の前に設置することに限定すれば、板の厚さは10～50mm程度に限定され、材質も限定されるから、コイルの励起周波数を1000～3000Hzに設定することで、加熱時の温度分布を本発明の効果が十分に發揮できるものとすることができ、高い加熱効率が得られる。

【0038】この理由は、ソレノイド式誘導加熱装置であるため特に鋼板の熱延の仕上げ圧延前の段階では、加熱の効率が上記の板厚に依存し、周波数が3000Hzを越えると表面の温度が過度に上昇し、また、1000Hzより低い周波数では誘導加熱の加熱効率が悪くなるためである。従って、周波数の下限は1000Hzであり、上限は3000Hzである。この周波数は、板厚に応じて変化させても良いし、代表的な周波数を与えてよい。

【0039】このように、本発明の製造方法及びその設備によれば、被圧延材の品質を損なうことなく、全体として圧延に必要な熱エネルギーを低減することが可能な鋼板の熱間圧延方法及びその設備を提供することが可能である。以下に本発明の実施例を挙げ、本発明の効果を立証する。

#### 【0040】

【実施例】本発明を実験的な圧延機を用いて、板厚30mmから25mmまで一回の仕上げ圧延を施した場合の効果を以下に述べる。この仕上げ圧延機の手前3mにはデスケーリング装置がある。仕上げ圧延は60mpmを行った。ソレノイド式誘導加熱装置をデスケーリング装置の前に設置し、その位置を変更することで熱拡散時間を変化させた。

【0041】この例では、デスケーリング装置の直近である1m前に誘導加熱装置を設置した場合が従来の考え方であり、加熱終了からデスケーリングまでに1秒が経過する（従来例）。投入するエネルギーを一定にして、誘導加熱装置の位置をデスケーリング装置に至るまでに4秒及び9秒が経過する位置に離して移動した場合が本発明例である。

【0042】図2に示すようにこの熱拡散時間が短い従来例では、デスケーリング装置の直前での表面温度が高い。本発明のように4秒以上の熱拡散時間を設定した場合は、デスケーリング直前での表面温度は低いものの、仕上げ圧延が終わった時点では、従来例に比較して表面温度はむしろ高く、デスケーリング及び仕上げ圧延で失

われる熱エネルギーが少ないことがわかる。

【0043】本発明の成立条件をより詳細に調べるために、図2に示した熱拡散時間による表面温度と板厚中央の温度の差を測定した結果、図3のように、表面温度が板厚中央を下回れば、仕上げ圧延後の温度を従来例よりも高くできることが分かった。

【0044】また、表1に示すように、鋼板の材質と板厚を変えて圧延を行い、熱拡散時間の適正值（鋼板表面と中心の温度差が-10°Cとなるより望ましい条件を満たす）を求め、 $\alpha$ （設備列に固有の係数）を求めたところ、この値が一定であることが分かった。

【0045】エッジヒータ設置の効果を調べるために、仕上げ圧延後の幅方向の分布温度を測定したものが図4である。このようにエッジヒータを設けることで、幅方向に一様な温度分布を得ることができ、幅方向に均質な製品特性を得ることができるために、幅端部の温度を確保するために初期温度や、再加熱温度を高く設定する必要が無かった。

【0046】本発明の実施例の実験的な誘導加熱装置の前には、3ロール式の矯正機を設置したが、その位置を移動して矯正終了からの再加熱開始までの時間を変えて加熱終了直後の表面温度を放射温度計で測定したところ図6に示すように、本発明に属する熱拡散時間内に設定することで表面温度を低下させることができた。

図中の矢印で示した本発明における矯正から再加熱までの時間の範囲を越えると、表面温度が高くなり、本実施例においては、1250°Cに達して表面品質が劣化し、かつ表面から放散する熱も大きくなつた。

【0047】本発明の設備列において一定の誘導加熱電力を投入した際の、励起周波数と仕上げ圧延後の板表面温度の関係を調べたものが図5である。熱延の仕上げ前の板厚では、1000Hzを下回る周波数では、板厚10mmの加熱能力が極端に悪く、3000Hzを越えると板厚50mmの加熱能力が低下した。

【0048】このように、本発明の配置であっても、投入した電力を仕上げ圧延の温度に有効に利用できるような周波数が存在し、1000～3000Hzに至る周波数帯であった。

#### 【0049】

【表1】

鋼種	加熱時板厚 (mm)	仕上げ圧延後板厚 (mm)	$\alpha$
低炭素鋼	30	26	0.040
低炭素鋼	50	43	0.038
低炭素鋼	10	7	0.043
SUS304	30	27	0.041
SUS410	30	27	0.042

#### 【0050】

【発明の効果】本発明によれば、複数の圧延機の中間にソレノイド式誘導加熱による再加熱装置を設け、与えた

11

熱が内部に拡散する時間が確保できるように設備を配置し、あるいは、その設備も条件に応じた運用ができるようになりますことで、圧延前の加熱炉での被圧延材加熱温度を低く設定することができ、材質を確保し、仕上げ圧延機への負荷を低減し、粗圧延での熱エネルギーの損失を小さくすることができ、再加熱における熱エネルギーを効率的に使える効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る熱間圧延設備の各装置の構成を示す側面図。

【図2】本発明の実施例に係る熱拡散時間とデスケーリング直前及び仕上げ圧延直後の板表面温度との関係を示す図。

【図3】本発明の実施例に係る熱拡散時間と板の表面温度と板厚中央の温度差との関係を示す図。

【図4】本発明の実施例に係るエッジヒータの付与によ

12

る仕上げ圧延後の板幅方向の温度分布を示す図。

【図5】本発明の実施例に係る再加熱装置の周波数と仕上げ圧延後の板表面温度との関係を示す図。

【図6】本発明の実施例に係る矯正完了から再加熱までの時間と再加熱後の板表面温度との関係を示す図。

## 【符号の説明】

1…鋼スラブ

2…粗圧延機

3…鋼板

10 4…ソレノイド式の誘導加熱装置

5…デスケーリング装置

6…仕上げ圧延機

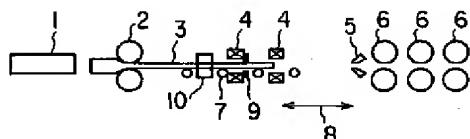
7…搬送ローラ

8…加熱終了から次工程に至るまでの時間的距離

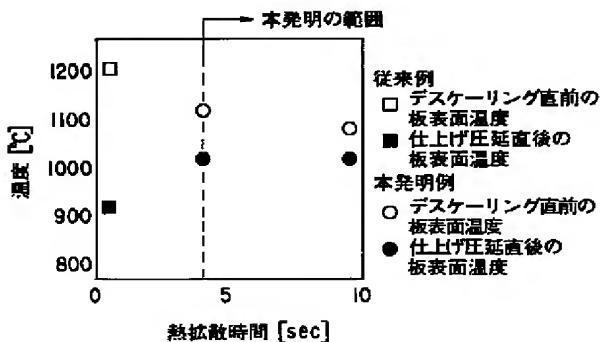
9…エッジヒータ

10…形状矯正装置

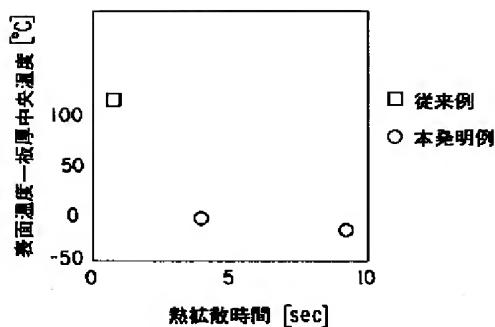
【図1】



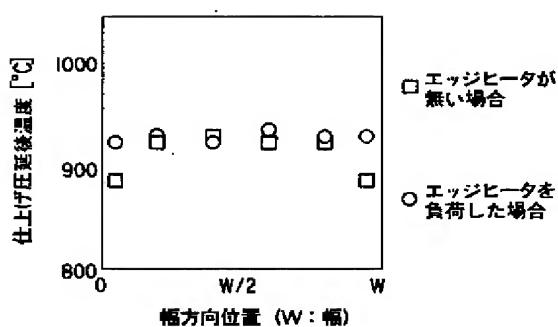
【図2】



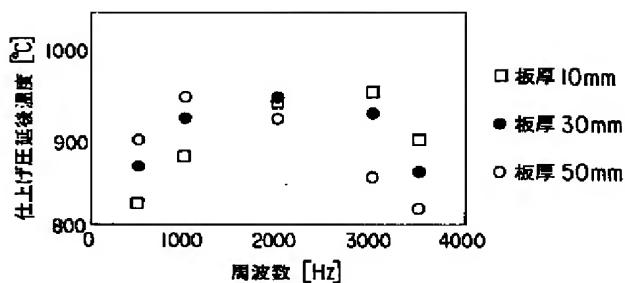
【図3】



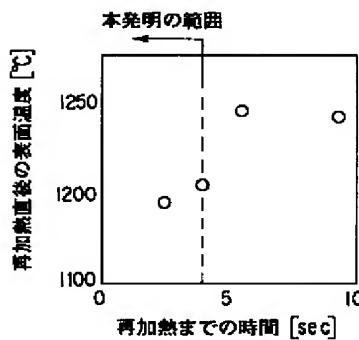
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.C1.6 識別記号  
H O 5 B 6/10 3 8 1

F I  
H O 5 B 6/10 3 8 1

(72) 発明者 山本 雅明  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

(72) 発明者 江田 尚智  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内  
(72) 発明者 寺内 琢雅  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

**PAT-NO:** JP410128424A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 10128424 A  
**TITLE:** HOT ROLLING METHOD OF STEEL PLATE AND ITS EQUIPMENT  
**PUBN-DATE:** May 19, 1998

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
HINO, YOSHIMICHI	
MINODE, TOORU	
MASUDA, SADAKAZU	
YAMAMOTO, MASAAKI	
EDA, TAKATOMO	
TERAUCHI, TAKUMASA	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
NKK CORP	N/A

**APPL-NO:** JP08290010  
**APPL-DATE:** October 31, 1996

**INT-CL (IPC):** B21B045/00 , B21B001/26 ,  
C21D001/42 , H05B006/10

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the loss of heat energy in rough rolling by reheating a

material to be rolled with a solenoid type induction heating apparatus before the finish rolling process.

SOLUTION: The steel slab 1 being the material to be rolled is roughly rolled with a rough rolling mill 2 under a high temperature to roll up to the intermediate thickness of the steel plate 3. Thereafter, the steel plate is finish rolled up to the final plate thickness with a finish rolling mill 6 after removing scales with a descaling device 5. Then, suitable cooling, coiling to a coil or the like are executed. And the solenoid type induction heating apparatus 4 is provided between the rough rolling mill 2 and the finish rolling mill 6 as a reheating apparatus to reheat the steel plate 3. The solenoid type induction heating apparatus is provided so that the surface temperature of the material to be rolled before the finish rolling process is lowered than the temperature in the center of the plate thickness. By this way, heat energy in reheating is efficiently utilized.

COPYRIGHT: (C)1998, JPO